

PAT-NO: JP02005302238A  
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 2005302238 A  
TITLE: PERPENDICULAR MAGNETIC RECORDING MEDIUM AND  
ITS MANUFACTURING METHOD  
PUBN-DATE: October 27, 2005

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
ARAI, REIKO	N/A
TANAHASHI, KIWAMU	N/A
HONDA, YOSHINORI	N/A
KODAMA, MINEAKI	N/A

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
HITACHI GLOBAL STORAGE TECHNOLOGIES NETHERLANDS BV	N/A

APPL-NO: JP2004120754

APPL-DATE: April 15, 2004

INT-CL (IPC): G11B005/667, G11B005/738 , G11B005/851 , G11B005/852  
, H01F010/13 , H01F010/16 , H01F010/32 , H01F041/18

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a perpendicular magnetic recording medium excellent in floating characteristics with high quality reproduced signals while demagnetization by the stray magnetic fields is suppressed.

SOLUTION: A perpendicular recording layer is formed on a base plate via a soft magnetic underlayer, and further, an amorphous layer or a fine crystal layer is formed between the base plate and the soft magnetic underlayer. The soft magnetic underlayer has a 1st amorphous soft magnetic layer, a

2nd  
amorphous soft magnetic layer, and a non-magnetic layer formed  
between the  
above 1st and 2nd amorphous soft magnetic layers. The 1st and 2nd  
amorphous  
soft magnetic layers have uniaxial anisotropy in the radial direction  
of the  
base plate and are coupled each other antiferromagnetically.

COPYRIGHT: (C) 2006, JPO&NCIPI

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2005-302238  
(P2005-302238A)

(43) 公開日 平成17年10月27日(2005.10.27)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

**G 1 1 B** 5/667  
**G 1 1 B** 5/738  
**G 1 1 B** 5/851  
**G 1 1 B** 5/852  
**H 0 1 F** 10/13

F 1

**G 1 1 B** 5/667  
**G 1 1 B** 5/738  
**G 1 1 B** 5/851  
**G 1 1 B** 5/852  
**H 0 1 F** 10/13

テーマコード(参考)

5 D 0 0 6  
5 D 1 1 2  
5 E 0 4 9

審査請求 未請求 請求項の数 25 O.L (全 23 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号  
(22) 出願日

特願2004-120754 (P2004-120754)  
平成16年4月15日 (2004.4.15)

(71) 出願人 503116280  
ヒタチグローバルストレージテクノロジー  
ズネザーランドビーピイ  
オランダ国 アムステルダム 1076  
エイズィ パルナスストーレン ロカテリ  
ケード 1  
(74) 代理人 100091096  
弁理士 平木 祐輔  
(74) 代理人 100102576  
弁理士 渡辺 敏章  
(72) 発明者 荒井 礼子  
神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地  
株式会社 日立製作所 生産技術研究所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】垂直磁気記録媒体及びその製造方法、磁気記録装置

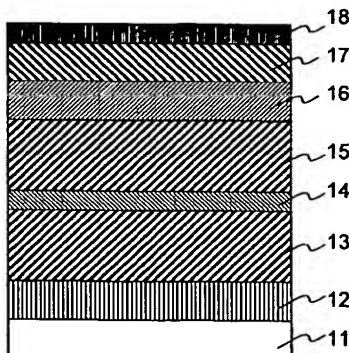
## (57) 【要約】

【課題】浮上性が向上し、再生信号の品質が高く、浮遊磁界による記録磁化の減磁が抑制された垂直磁気記録媒体を提供する。

【解決手段】基板上に軟磁性下地層を介して垂直記録層を形成し、更に基板と軟磁性下地層との間に非晶質層或いは微結晶質層を形成する。ここで、軟磁性下地層は、第一非晶質軟磁性層、第二非晶質軟磁性層、及び前記第一非晶質軟磁性層と第二非晶質軟磁性層との間に形成された非磁性層を備える。そして、第一非晶質軟磁性層及び第二非晶質軟磁性層が、基板の半径方向に付与された一軸異方性を有し、かつ反強磁的に結合している。

【選択図】 図1

Fig. 1



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

基板上に軟磁性下地層を介して垂直記録層が形成された垂直磁気記録媒体において、前記基板と軟磁性下地層との間に形成された非晶質層或いは微結晶質層を有し、前記軟磁性下地層は、第一非晶質軟磁性層、第二非晶質軟磁性層、及び前記第一非晶質軟磁性層と第二非晶質軟磁性層との間に形成された非磁性層を有し、前記第一非晶質軟磁性層及び第二非晶質軟磁性層は、基板の半径方向に付与された一軸異方性を有し、かつ反強磁性的に結合していることを特徴とする垂直磁気記録媒体。

**【請求項 2】**

前記非磁性層或いは微結晶質層は、Ni、Al、Ti、Ta、Cr、Zr、Co、Hf、Si及びBからなる群のうち少なくとも二種以上の金属を含む合金を含有すること特徴とする請求項1記載の垂直磁気記録媒体。 10

**【請求項 3】**

前記第一非晶質軟磁性層と非磁性層との間に第一の強磁性層を有し、前記第二非晶質軟磁性層と非磁性層との間に第二の強磁性層を有することを特徴とする請求項1記載の垂直磁気記録媒体。

**【請求項 4】**

基板上に軟磁性下地層を介して垂直記録層が形成された垂直磁気記録媒体において、前記基板と軟磁性下地層との間に形成された非晶質層或いは微結晶質層を有し、前記軟磁性下地層は、第一非晶質軟磁性層、第二非晶質軟磁性層、及び前記第一非晶質軟磁性層と第二非晶質軟磁性層との間に形成された非磁性層を有し、前記第一非晶質軟磁性層及び第二非晶質軟磁性層は、基板の半径方向に付与された一軸異方性を有し、

基板の半径方向に磁界を印加して測定した前記軟磁性下地層の磁化曲線は、ゼロ磁界を含むある磁界範囲で安定な磁化レベルを有するステップ状の形状を有し、さらに負磁界側の飽和磁化から前記磁化レベルへ遷移する磁界の絶対値と、正磁界側の飽和磁化から前記磁化レベルへ遷移する磁界の絶対値がほぼ同じであることを特徴とする垂直磁気記録媒体。 20

**【請求項 5】**

前記第一非晶質軟磁性層及び第二非晶質軟磁性層は、反強磁性的に結合していることを特徴とする請求項4記載の垂直磁気記録媒体。 30

**【請求項 6】**

前記非磁性層或いは微結晶質層は、Ni、Al、Ti、Ta、Cr、Zr、Co、Hf、Si及びBからなる群のうち少なくとも二種以上の金属を含む合金を含有すること特徴とする請求項4記載の垂直磁気記録媒体。

**【請求項 7】**

前記第一非晶質軟磁性層と非磁性層との間に第一の強磁性層を有し、前記第二非晶質軟磁性層と非磁性層との間に第二の強磁性層を有することを特徴とする請求項4記載の垂直磁気記録媒体。

**【請求項 8】**

基板上に軟磁性下地層を介して垂直記録層が形成された垂直磁気記録媒体において、前記基板と軟磁性下地層との間に形成された非晶質層或いは微結晶質層を有し、前記軟磁性下地層は、第一非晶質軟磁性層、第二非晶質軟磁性層、及び前記第一非晶質軟磁性層と第二非晶質軟磁性層との間に形成された非磁性層を有し、

前記第一非晶質軟磁性層及び第二非晶質軟磁性層は、反強磁性的に結合し、前記基板の半径方向に磁界を印加して測定した前記軟磁性下地層の磁化曲線において、印加磁界を飽和磁化状態から逆の飽和磁化状態へ変化させたときの磁化曲線の微分値は2つのピークを有し、前記2つのピークは磁界ゼロに対して概ね対称的であり、さらに、印加磁界を正もしくは負の飽和磁化状態からゼロに変化させたときの磁化曲線の微分値のピークと、ゼロから正もしくは負の飽和磁化状態へ変化させたときの磁化曲線の微分値のピ 40  
50

ークはほぼ重なっていることを特徴とする垂直磁気記録媒体。

【請求項 9】

前記第一非晶質軟磁性層及び第二非晶質軟磁性層は、基板の半径方向に付与された一軸異方性を有することを特徴とする請求項 8 記載の垂直磁気記録媒体。

【請求項 10】

前記非磁性層或いは微結晶質層は、Ni、Al、Ti、Ta、Cr、Zr、Co、Hf、Si 及び B からなる群のうち少なくとも二種以上の金属を含む合金を含有すること特徴とする請求項 9 記載の垂直磁気記録媒体。

【請求項 11】

前記第一非晶質軟磁性層と非磁性層との間に第一の強磁性層を有し、前記第二非晶質軟磁性層と非磁性層との間に第二の強磁性層を有することを特徴とする請求項 8 記載の垂直磁気記録媒体。 10

【請求項 12】

基板上に非晶質層或いは微結晶質層を形成する工程と、  
前記非晶質層或いは微結晶質層上に第一非晶質軟磁性層を形成する工程と、  
前記基板の半径方向に磁界を印加しながら冷却する工程と、  
前記第一非晶質軟磁性層上に非磁性層を形成する工程と、  
前記非磁性層上に第二非晶質軟磁性層を形成する工程と、  
前記第二非晶質軟磁性層上に垂直記録層を形成する工程とを有することを特徴とする垂直磁気記録媒体の製造方法。 20

【請求項 13】

前記第二非晶質軟磁性層を形成する工程の後に、更に基板の半径方向に磁界を印加しながら冷却する工程を有することを特徴とする請求項 12 記載の垂直磁気記録媒体の製造方法。

【請求項 14】

前記冷却する工程では、100°C 以下に冷却することを特徴とする請求項 12 記載の垂直磁気記録媒体の製造方法。

【請求項 15】

前記第一非晶質軟磁性層及び第二非晶質軟磁性層が、基板の半径方向に一軸異方性を付与され、かつ反強磁性的に結合していることを特徴とする請求項 12 記載の垂直磁気記録媒体の製造方法。 30

【請求項 16】

基板上に非晶質層或いは微結晶質層を形成する工程と、  
前記非晶質層或いは微結晶質層上に第一非晶質軟磁性層を形成する工程と、  
前記第一非晶質軟磁性層上に非磁性層を形成する工程と、  
前記非磁性層上に第二非晶質軟磁性層を形成する工程と、  
前記基板の半径方向に磁界を印加しながら冷却する工程と、  
前記第二非晶質軟磁性層上に垂直記録層を形成する工程とを有することを特徴とする垂直磁気記録媒体の製造方法。

【請求項 17】

前記非磁性層を強磁性層で挟むことを特徴とする請求項 16 記載の垂直磁気記録媒体の製造方法。

【請求項 18】

前記非磁性層が、非磁性材と強磁性材との合金を含有することを特徴とする請求項 16 記載の垂直磁気記録媒体の製造方法。

【請求項 19】

前記第一非晶質軟磁性層を形成する工程の後に、更に基板の半径方向に磁界を印加しながら冷却する工程を有することを特徴とする請求項 16 記載の垂直磁気記録媒体の製造方法。

【請求項 20】

10

20

30

40

50

前記冷却する工程では、100℃以下に冷却することを特徴とする請求項16記載の垂直磁気記録媒体の製造方法。

**【請求項21】**

前記第一非晶質軟磁性層及び第二非晶質軟磁性層が、基板の半径方向に一軸異方性を付与され、かつ反強磁性的に結合していることを特徴とする請求項16記載の垂直磁気記録媒体の製造方法。

**【請求項22】**

垂直磁気記録媒体と、前記垂直磁気記録媒体を記録方向に駆動する駆動部と、記録部と再生部を備えた磁気ヘッドと、該磁気ヘッドを前記垂直磁気記録媒体に対して相対運動させる手段と、前記磁気ヘッドの信号入力と該磁気ヘッドからの出力信号再生を行うための記録再生処理手段を有する磁気記録装置において、10

前記垂直磁気記録媒体は、基板上に軟磁性下地層を介して垂直記録層が形成され、前記基板と軟磁性下地層との間に形成された非晶質層或いは微結晶質層を有し、前記軟磁性下地層は、第一非晶質軟磁性層、第二非晶質軟磁性層、及び前記第一非晶質軟磁性層と第二非晶質軟磁性層との間に形成された非磁性層を有し、前記第一非晶質軟磁性層及び第二非晶質軟磁性層は、基板の半径方向に付与された一軸異方性を有し、かつ反強磁性的に結合していることを特徴とする磁気記録装置。

**【請求項23】**

前記非磁性層或いは微結晶質層は、Ni、Al、Ti、Ta、Cr、Zr、Co、Hf、Si及びBからなる群のうち少なくとも二種以上の金属を含む合金を含有すること特徴とする請求項22記載の磁気記録装置。20

**【請求項24】**

前記第一非晶質軟磁性層と非磁性層との間に第一の強磁性層を有し、前記第二非晶質軟磁性層と非磁性層との間に第二の強磁性層を有することを特徴とする請求項22記載の磁気記録装置。

**【請求項25】**

前記磁気ヘッドの記録部は単磁極ヘッドで構成され、前記磁気ヘッドの再生部は磁気抵抗効果もしくはトンネル磁気抵抗効果を利用した高感度素子で構成されることを特徴とする請求項22記載の磁気記録装置。

**【発明の詳細な説明】**

30

**【技術分野】**

**【0001】**

本発明は、磁気記録媒体および磁気記録装置に関し、特に、高録密度を有する垂直磁気記録媒体及びその製造方法、その垂直磁気記録媒体を有する磁気記録装置に関する。

**【背景技術】**

**【0002】**

近年、磁気ディスク装置の面記録密度は、年率100%の伸び率で拡大している。ところが、面記録密度が高まるにつれ、いわゆる熱減磁問題が顕在化し始めるため、従来の面内記録方式では1平方センチあたり7.75ガビットを超える面記録密度を達成することは難しいと考えられている。

40

**【0003】**

一方、垂直記録方式では、面内記録方式と異なり、線記録密度を上げるほど隣接ピット間に働く反磁界が減少し、記録磁化が安定に保たれる特性を有している。さらに、垂直記録層の下に高い透磁率を有する軟磁性下地層を設けることにより強い記録磁界が得られるため、垂直記録層の保磁力を大きくできる。こうした理由により、面内記録方式の熱搖らぎ限界を超える有力な記録方式として、垂直記録方式が検討されている。

**【0004】**

垂直記録方式において、高密度記録を実現するためには、軟磁性下地層と垂直記録層で構成される二層垂直記録媒体と単磁極型ヘッドとの組合せが有効である。しかしながら、二層垂直記録媒体は飽和磁束密度(Bs)の高い軟磁性下地層を有するため、例えば、以

50

下(1)～(3)の点が改善すべき点として指摘されている。(1)軟磁性下地層の磁壁から発生する漏洩磁束がスパイク状のノイズとして観測されること。(2)軟磁性下地層の磁壁が移動することで記録磁化が減磁すること。(3)装置内の浮遊磁界が記録ヘッドに集中することにより記録ヘッド直下の記録磁化が減磁すること。

#### 【0005】

しかも、軟磁性下地層の膜厚は、数十nm～数百nmと厚いので、軟磁性下地層の表面平坦性が劣化し、垂直記録層の形成やヘッドの浮上性に悪影響を与える可能性がある。

#### 【0006】

こうした問題を解決する手段として、たとえば特開平7-129946号公報および特開平11-191217号公報に開示されているように、軟磁性下地層と基板との間に硬磁性ピニング層を設け、軟磁性下地層の磁化を一方向に揃える方法が提案されている。また、特開平6-103553号公報に開示されているように、磁気スピンの方向をそろえた反強磁性との交換結合により軟磁性下地層の磁壁移動を抑止する方法が提案されている。さらにまた、特開2001-155321号公報には、軟磁性下地層を非磁性層で互いに分離された二層以上の軟磁性層で構成し、軟磁性層の磁化を逆向きにする方法が提案されている。

10

【特許文献1】特開平7-129946号公報

【特許文献2】特開平11-191217号公報

【特許文献3】特開平6-103553号公報

【特許文献4】特開2001-155322号公報

20

#### 【発明の開示】

#### 【発明が解決しようとする課題】

#### 【0007】

ところが、硬磁性ピニング層を設ける方法は、ディスクの内周および外周の端部に磁区が形成されやすく、その部分からスパイクノイズが観測される可能性がある。また、反強磁性層により軟磁性下地層の磁壁移動を抑制する方法は、磁壁移動による記録磁化の減磁を抑制することには効果があるが、磁壁に起因するスパイクノイズを抑制できないと考えられる。また、積層された軟磁性層の磁化を逆向きにする方法は、スパイクノイズや記録磁化の減磁の抑制、浮遊磁界耐性の向上に効果がみられる手法ではあるが、基板形状がディスクの場合には各層が多磁区構造をとりやすく、再生信号の変調が観測されると考えられる。さらにまた、これらの方法ではいずれも、軟磁性下地層の表面平坦性やヘッドの浮上性等の問題については解決されるものではない。

30

#### 【0008】

本発明は、これら課題に鑑みてなされたものであり、再生出力の変動、浮遊磁界による記録磁化の減磁を抑制し、さらに軟磁性下地層の表面平坦性を向上し、ヘッド浮上性に優れ、1平方センチあたり7.75ギガビット以上の記録密度で高い媒体S/Nを有する垂直磁気記録媒体を提供することを目的とする。また、この媒体を備え、信頼性の高い高密度磁気記録装置を実現することを目的とする。

#### 【課題を解決するための手段】

#### 【0009】

上述の目的を達成するために、本発明に係る垂直磁気記録媒体は、基板上に軟磁性下地層を介して垂直記録層が形成され、基板と軟磁性下地層との間に形成された非晶質層或いは微結晶質層を有し、軟磁性下地層は、第一非晶質軟磁性層、第二非晶質軟磁性層、及び前記第一非晶質軟磁性層と第二非晶質軟磁性層との間に形成された非磁性層を有し、第一非晶質軟磁性層及び第二非晶質軟磁性層は、基板の半径方向に付与された一軸異方性を有し、かつ反強磁性的に結合している垂直磁気記録媒体を備えることを特徴とする。また、本発明に係る磁気記録装置は、上述の垂直磁気記録媒体を備えることを主な特徴とする。

40

#### 【0010】

軟磁性下地層の磁化状態を制御し、軟磁性下地層を非晶質層或いは微結晶質層上に形成することで、再生出力の変動、浮遊磁界による記録磁化の減磁が抑制され、ヘッド浮上性

50

を向上させることができる。

#### 【0011】

また、本発明にかかる垂直磁気記録媒体の製造方法は、基板上に非晶質層或いは微結晶質層を形成する工程と、非晶質層或いは微結晶質層上に第一非晶質軟磁性層を形成する工程と、第一非晶質軟磁性層上に非磁性層を形成する工程と、非磁性層上に第二非晶質軟磁性層を形成する工程と、第二非晶質軟磁性層上に垂直記録層を形成する工程とを有し、第一非晶質軟磁性層を形成する工程後又は第二非晶質軟磁性層を形成する工程後の少なくとも一方に、基板の半径方向に磁界を印加しながら冷却する工程を有することを特徴とする。

#### 【0012】

この冷却工程により、ディスク基板の半径方向に一軸異方性をより確実に付与することができる。

10

#### 【発明の効果】

#### 【0013】

本発明によれば、スパイクノイズと再生信号の振幅変調の抑制や、浮遊磁界による記録磁化の減磁の抑制のみならず、スクラッチ耐性に強くヘッド浮上性に優れた垂直磁気記録媒体を実現できる。また、1平方センチあたり7.75ギガビット以上の記録密度でエラーレートの低い信頼性に優れ、安定性にも優れた磁気記録装置が実現できる。

#### 【発明を実施するための最良の形態】

#### 【0014】

20

以下、本発明を適用した磁気記録媒体について詳細に説明する。

本発明を適用した垂直磁気記録媒体は、基板上に非晶質層或いは微結晶質が形成され、非晶質層或いは微結晶質上に軟磁性下地層が形成され、軟磁性下地層上に垂直記録層が形成されている。この軟磁性下地層は、第一非晶質軟磁性層と、第二非晶質軟磁性層と、第一非晶質軟磁性層と第二非晶質軟磁性層との間に形成された非磁性層とを備えている。そして、第一非晶質軟磁性層及び第二非晶質軟磁性層は、ディスク基板の半径方向に付与された一軸異方性を有しており、且つ、第一非晶質軟磁性層と第二非晶質軟磁性層とは反強磁性的に結合している。

#### 【0015】

ここで、本発明を適用した垂直磁気記録媒体のディスク基板に対し、半径方向に磁界を印加して測定した前記軟磁性下地層の磁化曲線は、ゼロ磁界を含むある磁界範囲で安定な磁化レベルを有するステップ状の形状を有する。さらに、負磁界側の飽和磁化から前記磁化レベルへ遷移する磁界の絶対値と、正磁界側の飽和磁化から前記磁化レベルへ遷移する磁界の絶対値とが、ほぼ同じである。

30

#### 【0016】

また、本発明を適用した垂直磁気記録媒体のディスク基板に対し、半径方向に磁界を印加して測定した前記軟磁性下地層の磁化曲線において、印加磁界を飽和磁化状態から逆の飽和磁化状態へ変化させたときの磁化曲線の微分値は、2つのピークを有している。そして、該2つのピークは磁界ゼロに対して概ね対称的である。さらに、印加磁界を正もしくは負の飽和磁化状態からゼロに変化させたときの磁化曲線の微分値のピークと、ゼロから正もしくは負の飽和磁化状態へ変化させたときの磁化曲線の微分値のピークとは、ほぼ重なっている。

40

#### 【0017】

第一非晶質軟磁性層および第二非晶質軟磁性層としては、 $B_s$ が少なくとも1テスラ以上で、ディスク基板の半径方向に一軸異方性が付与されており、ヘッド走行方向に測定した保磁力が $1.6\text{ kA/m}$ 以下で、さらに表面平坦性に優れていれば特に材料を限定するものではない。

#### 【0018】

具体的には、CoもしくはFeを主成分とし、これにTa、Hf、Nb、Zr、Si、B、C等を添加した非晶質合金を用いると上記特性が得られやすい。その膜厚は $20\text{ nm}$

50

以上で用いることにより、保磁力を小さく制御でき、150 nm以下で用いることによりスパイクノイズを抑制でき、かつ浮遊磁界耐性を向上することができる。

【0019】

また、第一非晶質軟磁性層と第二非晶質軟磁性層の磁気モーメントを等しくすると両層の間で磁束が還流し、両層の磁区状態がより安定化されるので好ましい。

【0020】

非晶質層あるいは微結晶質層の材料としては、表面平坦性に優れていれば特に限定するものではないが、Ni、Al、Ti、Ta、Cr、Zr、Co、Hf、Si、Bの少なくとも二種以上の金属を含む合金で構成することが好ましい。より具体的には、NiTa、AlTi、AlTa、CrTi、CoTi、NiTaZr、NiCrZr、CrTiAl<sup>10</sup>等を用いることができる。これら材料を用いることで、応力緩和、スクラッチ耐力および耐食性の向上が図れる。

【0021】

また、非晶質層あるいは微結晶質層の膜厚は、1 nmより厚く100 nm以下であることが好ましい。非晶質層あるいは微結晶質層の膜厚が1 nmよりも薄い場合、ディスク基板の表面凹凸をカバーすることができない虞がある。また、非晶質層あるいは微結晶質層の膜厚が100 nmよりも厚い場合、製膜中に基板温度が上昇する虞があり、非晶質層あるいは微結晶質層上に形成する第一非晶質軟磁性層が結晶質化して、特性が劣化してしまう虞がある。

【0022】

このように、本発明を適用した垂直磁気記録媒体では、非晶質軟磁性層の膜応力が緩和され、基板のそりが緩やかになるので、浮上性の良い磁気記録媒体となる。また、第一非晶質軟磁性層と第二非晶質軟磁性層は多磁区構造となるものの、スパイクノイズと再生信号の振幅変調を抑制することができ、信頼性に優れた磁気記録媒体を提供することができる。

20

【0023】

図19に、ガラス基板上に非晶質軟磁性層(FeCoB)を50～200 nm直接形成した場合と、ガラス基板上に非晶質層(NiTaZr)を介して非晶質軟磁性層(FeCoB)を形成した場合の基板のそり量を示す。

【0024】

FeCoBの膜厚が厚くなるほど、基板のそり量は大きくなることがわかる。ガラス基板上に非晶質層を介して形成した場合、直接形成した場合と比較して、そり量が半減することが分かる。

30

【0025】

図20に、FeCoB膜厚が200 nmの場合の磁区構造をOptical surface analyzerで観測した結果を示す。

【0026】

ガラス基板上に直接形成した場合は、(a)に示すように歪められたような磁区像を示す。一方、NiTaZrを介して形成したFeCoBは、(b)に示すように磁壁が半径方向に伸びた磁区構造になる。

40

【0027】

FeCoBのように膜応力の大きい材料は、ガラス基板上に直接形成すると、保磁力が増大し、一軸異方性が小さくなる。NiTaZr上に形成することによって、膜応力が緩和し、FeCoBの膜厚によらず半径方向に一軸異方性を付与することができる。

【0028】

このように非晶質軟磁性層をガラス基板上に非晶質層を介して形成することによって、膜応力の緩和、さらには軟磁気特性向上に効果があることが明らかとなった。また、Ni、Al、Ti、Ta、Cr、Zr、Co、Hf、Si、Bの少なくとも二種以上の金属を含む材料、具体的には、例えばNiTa、AlTi、AlTa、CrTi、CoTi、NiCrZr、CrTiAl等を用いた場合にも同様の効果が得られる。

50

## 【0029】

第一非晶質軟磁性層と第二非晶質軟磁性層の間に形成する非磁性層は、第一非晶質軟磁性層と第二非晶質軟磁性層を反強磁性的に結合させる働きがある。非磁性層に用いる材料としては、両軟磁性層にCoを主成分とする非晶質合金を用いる場合にはRuやCuを、両軟磁性層にFeを主成分とする非晶質合金を用いる場合にはCrやRuを用いるのが望ましい。

## 【0030】

非磁性層の膜厚は、両軟磁性層の層間に反強磁性的な結合が得られるように設定すれば良いが、その最適な膜厚は、両軟磁性層の材料や、形成条件、あるいは形成時の基板温度によっても異なる。例えば両軟磁性層にCoを主成分とする非晶質合金を用い、非磁性層にRuを用いた場合には、Ru層の膜厚は0.5-1.5nm程度に設定するのが望ましい。

10

## 【0031】

また、第一非晶質軟磁性層と第二非晶質軟磁性層の層間に働く反強磁性結合を強くしたい場合には、非磁性層の部分を、膜厚が1-5nm程度の薄い強磁性層で挟んだサンドイッチ構造とすることが効果的である。具体的には、例えばCo/Ru/Co、CoFe/Ru/CoFeやFe/Cr/Fe等の三層膜を用いることができる。或いは、非磁性層に非磁性材と強磁性材との合金を用いても同様の効果が得られる。具体的には、例えばRuCo、RuFe等を用いることができる。

## 【0032】

20

さらに、第一非晶質軟磁性層形成後にディスク基板を十分冷却する冷却工程を行い、この冷却工程後に非磁性層を形成することにより、より安定して軟磁性層と非磁性層の層間に反強磁性結合を働かせることができる。

## 【0033】

冷却中は、基板半径方向に磁界を印加することが望ましい。ここで、第一非晶質軟磁性層の半径方向の磁化が飽和する必要があり、磁界の大きさは少なくともディスク基板上で4kA/m以上の磁界が印加されれば良い。この磁界中冷却工程を行うことにより、第一非晶質軟磁性層により確実に一軸異方性を付与することができる。

## 【0034】

30

冷却温度は、第一非晶質軟磁性層の形成時の温度より低く、例えば100°C程度まで下げる。また、室温まで冷却することが望ましい。この冷却工程により、軟磁性層と非磁性層との層間に安定して反強磁性結合を働かせることができる。

## 【0035】

また、ディスク基板を十分冷却する冷却工程は、第二非晶質軟磁性層形成後であっても良い。この場合、第一非晶質軟磁性層形成後に基板温度が上昇しないような形成プロセスを用いることが必要である。

## 【0036】

さらにまた、ディスク基板を十分冷却する冷却工程は、第一非晶質軟磁性層形成後及び第二非晶質軟磁性層形成後、2箇所に導入しても良い。この場合、第一及び第二非晶質軟磁性層により確実に一軸異方性を付与することができる。

40

## 【0037】

なお、ディスク基板を十分冷却する冷却工程は、非磁性層の形成前に行なうことが好ましい。これは、非磁性層は非常に薄いため、材料の組合せや膜厚、あるいは形成条件によつては形成時に界面拡散が起こる可能性があること、或いは第一及び第二非晶質軟磁性層との界面が結晶化して反強磁性的な結合を得ることが困難になるためである。特に、非晶質層を形成する前のディスク基板温度が非常に高い場合、これらの点に気をつける必要がある。

## 【0038】

なお、冷却工程を非磁性層の形成後かつ第二非晶質軟磁性層の形成後に導入する場合、非磁性層をCo/Ru/Co等の三層膜、或いは非磁性層にRuCo等の合金層とすればよ

50

い。これにより、非磁性層の界面拡散が十分に抑制されるので、所望の特性が得られる。

【0039】

また、垂直記録層と軟磁性下地層との間に中間層を形成することが好ましい。これにより、媒体ノイズを抑制することが可能である。中間層としては、非磁性で、非晶質もしくは六方稠密格子構造や面心立方格子構造の合金を用いることができる。中間層は単層膜でもよいが、結晶構造の異なる材料を用いた積層膜でもよい。

【0040】

垂直記録層としては、CoCrPt合金、CoCrPtB合金等のhcp-Co合金膜やCoCrPt-SiO<sub>2</sub>等のグラニュラー膜、(Co/Pd)多層膜、(CoB/Pd)多層膜、(CoSi/Pd)多層膜、Co/Pt多層膜、(CoB/Pt)多層膜、(CoSi/Pt)多層膜等の人工格子膜を用いることができる。  
10

【0041】

垂直記録層の保護層としては、カーボンを主体とする厚さ2nm以上、8nm以下の膜を形成し、さらにパーフルオロアルキルポリエーテル等の潤滑層を用いることが好ましい。これにより、信頼性の高い垂直記録媒体が得られる。

【0042】

また、本発明による磁気記録装置は、前述した垂直磁気記録媒体と、これを記録方向に駆動する駆動部と、記録部と再生部からなる磁気ヘッドと、この磁気ヘッドを前記垂直磁気記録媒体に対して相対運動させる手段と、磁気ヘッドの信号入力と磁気ヘッドからの出力信号再生を行うための記録再生処理手段を有し、磁気ヘッドの記録部と単磁極ヘッドで構成し、磁気ヘッドの再生部を磁気抵抗効果もしくはトンネル磁気抵抗効果を利用した高感度素子で構成する。これにより、1平方センチあたり7.75ギガビット以上の面記録密度で高い信頼性を有する磁気記録装置を実現できる。  
20

以下、本発明を適用した具体的な実施例について、図面を参照して説明する。

【0043】

<実施例1>

図1に、本実施例の垂直磁気記録媒体の層構成を示す。基板11には2.5インチ型のガラスディスクを用い、スペッタリング法により非晶質層12、第一非晶質軟磁性層13、非磁性層14、第二非晶質軟磁性層15、中間層16、垂直記録層17、保護層18を順次形成した。表1に各層の作製に用いたターゲットとArガス圧および膜厚を示す。  
30

【0044】

【表1】

Table 1

	ターゲット組成	Arガス圧(Pa)	膜厚(nm)
非晶質層12	Ni <sub>52.5</sub> Ta <sub>37.5</sub> Zr <sub>10</sub>	1	30
第一非晶質軟磁性層13	Co <sub>92</sub> Ta <sub>3</sub> Zr <sub>5</sub>	0.5	50-100
	Fe <sub>57</sub> Co <sub>31</sub> B <sub>12</sub>	0.5	100
非磁性層14	Ru	0.6	0.8
第二非晶質軟磁性層15	Co <sub>92</sub> Ta <sub>3</sub> Zr <sub>5</sub>	0.5	50-100
	Fe <sub>57</sub> Co <sub>31</sub> B <sub>12</sub>	0.5	100
中間層16	Ru	2	20
記録層17	CoCr <sub>13</sub> Pt <sub>14</sub> -SiO <sub>2</sub>	2	20
保護層18	Carbon	1	5

20

30

40

【0045】

まず、基板11上に非晶質層12であるNiTaZr、第一非晶質軟磁性層13であるCoTaZr或いはFeCoBを形成した。次に、ヘリウムガスを用いて基板を約80℃  
50

まで磁界中冷却し、非磁性層14であるRu、第二非晶質軟磁性層15であるCoTaZrあるいはFeCoBを形成した。さらにヘリウムガスを用いて基板を80℃まで冷却し、中間層16であるRu、記録層17であるCoCrPt-SiO<sub>2</sub>を順に形成した。そして、保護層18であるCarbonを形成した。冷却中の磁界の大きさは基板中心で4kA/mである。その後、パーフルオロアルキルポリエーテル系の材料をフルオルカーボン材で希釈した潤滑剤を塗布し、表面にバニッシュをかけて本実施例である垂直記録媒体を作成した。

## 【0046】

上記実施例の媒体を作製する成膜装置の概略図を図2に示す。製膜装置は、基板を導入するチャンバ、非晶質層を形成するチャンバ、第一非晶質軟磁性層を形成するチャンバ、基板半径方向に磁界を印加しながら冷却を施す第一の冷却チャンバ、非磁性層を形成するチャンバ、第二非晶質軟磁性層を形成するチャンバ、基板半径方向に磁界を印加しながら冷却を施す第二の冷却チャンバ、中間層を形成するチャンバ、記録層を形成するチャンバ、保護層を形成するチャンバ、そして基板を搬出するチャンバから構成されている。10

## 【0047】

比較として、第一非晶質軟磁性層と第二非晶質軟磁性層の間の非晶質層にNiTaZrを形成した媒体Vと、軟磁性層にFeAlSiを形成した媒体Wを用意した。比較例の媒体のその他の層構成は本実施例と同じである。

## 【0048】

図3(a)に振動試料型磁力計(VSM)で測定した、実施例における軟磁性下地層の磁化曲線の一例を示す。20

## 【0049】

ディスク基板の半径方向に磁界を印加して測定した本実施例の磁化曲線は、ゼロ磁界を含むある磁界範囲で安定な磁化レベル(第一非晶質軟磁性層の磁化と第二非晶質軟磁性層の磁化が反平行の状態:II)を有するステップ状の形状をしており、さらに負磁界側の飽和磁化(I)から前記磁化レベルへ遷移する磁界の絶対値と、正磁界の飽和磁化(III)から前記磁化レベルへ遷移する磁界の絶対値がほぼ同じ値である特徴を持つ。

## 【0050】

また、ディスク基板の円周方向に磁界を印加して測定した磁化曲線は、磁界とともに磁化がほぼ直線的に変化する。30

## 【0051】

半径方向に磁界を印加して測定した(a)の磁化曲線を磁界について微分した結果を図3(b)に示す。この微分値は印加磁界を正から負、そして負から正に変化させたときに4つのピークを有する。印加磁界を正の飽和磁化からゼロへ、またゼロから正の飽和磁化へ変化させたときに見られる2つのピークはほぼ重なっており、印加磁界を負の飽和磁化からゼロへ、ゼロから負の飽和磁化へ変化させたときに見られる2つのピークと、磁界ゼロに対しておおむね対称的になっている。

## 【0052】

図3(b)に示すような微分曲線を持つ軟磁性下地層は、本実施例のように、第一非晶質軟磁性層および第二非晶質軟磁性層が基板半径方向に一軸異方性を有しており、かつ第一非晶質軟磁性層と第二非晶質軟磁性層とが互いに反強磁性的に結合している。40

## 【0053】

正磁界側に見られる2つのピークの絶対値の中心の値が、(a)で示す遷移磁界(磁化レベルが遷移する磁界で以下反強磁性結合磁界H<sub>ex</sub>と記す)である。

## 【0054】

この2つのピークが現れる範囲では、両層の磁化は反強磁性的に結合しているため、外部磁界に対する磁化状態の変化を抑制することができる。

## 【0055】

図4は比較例:媒体Vの磁化曲線を、図5は比較例:媒体Wの半径方向に磁界を印加して測定した磁化曲線をそれぞれ磁界について微分した曲線を示す。50

**【0056】**

図4の微分値は図3(b)と異なり、磁界を正の飽和磁化から負の飽和磁化へ変化させたときに、ゼロ磁界近傍に1つのピークが見られる。このような曲線をもつ軟磁性下地層は、第一非晶質軟磁性層と第二非晶質軟磁性層が一軸異方性を有してはいるものの、両非晶質軟磁性層は互いに反強磁性的に結合していないことが特徴であり、小さな外部磁界に対し磁化状態が変化してしまう。

**【0057】**

また、図5に示す微分値は、実施例の媒体と同様に4つのピークを有しているが、正磁界側或いは負磁界側にみられる2つのピークは重なっておらず、磁界ゼロに対して対称になっていない。このような曲線をもつ軟磁性下地層は、第一非晶質軟磁性層と第二非晶質軟磁性層とは互いに反強磁性的に結合しているものの、磁化の方向はランダムで半径方向に平行に向いていない、言い換えれば一軸異方性が半径方向に付与されていないことが特徴であり、実施例の媒体Aと比較して $H_{ex}$ が小さく浮遊磁界耐性に弱い。  
10

**【0058】**

図6に、図3ないし図5の微分曲線から予想される第二非晶質軟磁性層の残留磁化状態の模式図を示す。

**【0059】**

本実施例の媒体Aの第一非晶質軟磁性層13の磁化はおむね半径方向に平行に向いており、第二非晶質軟磁性層15の磁化は第一非晶質軟磁性層13の磁化と反対の方向に向いている。しかしながら磁化の方向は一方向に揃っていないため、両層は多磁区状態となっていると考えられる。  
20

**【0060】**

また、比較例の媒体Wにおいては、第一軟磁性層の磁化と第二軟磁性層の磁化は互いに反平行になっているものの、その方向はランダムであり、本実施例の媒体Aと比較して細かな磁区状態になっていると考えられる。

**【0061】**

図7に本実施例の媒体Aと比較例の媒体Vにおけるスパイクノイズマップを示す。ここではスピニスタンドとデジタルオシロスコープを用い、ディスク半径16–30mmの範囲を100μmピッチで評価した。比較例の媒体Vでは、磁壁に起因すると思われる大きなスパイクノイズに加え、点状に分布するスパイクノイズが観察されたが、本実施例の媒体Aでは、明瞭なスパイクノイズは確認されなかった。  
30

**【0062】**

このように、本実施例の軟磁性下地層は、第一非晶質軟磁性層13および第二非晶質軟磁性層15がいずれも多磁区状態となっているものの、層間で磁束が還流するためスパイクノイズの抑制に大きな効果があることがわかった。

**【0063】**

次に、表2に、本実施例で検討した媒体のスパイクノイズ評価および再生信号の振幅変調評価をまとめた。

**【0064】**

【表2】

Table 2

	媒体	軟磁性下地層の構成 括弧内の数字は膜厚 単位:nm	H <sub>ex</sub> (Oe)	スパイク ノイズ	振幅変調
本実施例	A	CoTaZr(100)/Ru(0.8)/CoTaZr(100)	23	なし	なし
	B	CoTaZr(75)/Ru(0.8)/CoTaZr(75)	33	なし	なし
	C	CoTaZr(50)/Ru(0.8)/CoTaZr(50)	45	なし	なし
	D	FeCoB(75)/Ru(0.8)/FeCoB(75)	43	なし	なし
比較例	V	CoTaZr(100)/NiTaZr(5)/CoTaZr(100)	0	あり	あり
	W	FeSiAl(100)/Cr(1)/FeSiAl(100)	15	なし	あり

10

## 【0065】

本実施例の媒体A～D及び比較例の媒体Wのスパイクノイズに関しては明瞭なものは観察されず、第一非晶質軟磁性層13と第二非晶質軟磁性層15の磁化が層間の反強磁性的な交換結合により互いに反平行になっていることの効果が見られた。しかしながら、媒体V及び媒体Wでは、再生信号の振幅変調が観察された。

## 【0066】

次に媒体A、媒体Vおよび媒体Wの浮遊磁界耐性を評価した。図8に示すように媒体上部にコイルを配置し、コイルに電流を流すことにより媒体に磁界を印加し、その外部磁界に対し再生出力信号がどのように変化するかを調べた。

20

## 【0067】

図9に評価結果を示す。出力が10%低下する外部磁界は、媒体V（比較例）が1.0kA/mであり、両層が反強磁性結合している媒体Wでは2.2kA/mであった。一方、本発明を適用した媒体Aでは約4.0kA/mとなり、外部磁界耐性が向上していることが分かった。

## 【0068】

なお、本実施例では非晶質層にNiTaZrを用いているが、Ni、Al、Ti、Ta、Cr、Zr、Co、Hf、Si、Bの少なくとも二種以上の金属を含む材料、具体的には、例えばNiTa、AlTi, AlTa、CrTi、CoTi、NiCrZr、CrTi等を用いた場合にも同様の効果が得られることが分かっている。

30

## 【0069】

このように、本発明の軟磁性下地層は、第一非晶質軟磁性層および第二非晶質軟磁性層の磁化の向きが互いに反平行にあり、かつ、両層の磁気モーメントを等しくすることにより層間で磁束が還流するため、スパイクノイズおよび再生信号の振幅変調の抑制に大きな効果があることが明らかとなった。さらに、第一非晶質軟磁性層および第二非晶質軟磁性層の半径方向に一軸異方性を付与し、保磁力を小さくすることで浮遊磁界耐性の向上に効果があることが明らかとなった。

## 【0070】

40

## &lt;実施例2&gt;

実施例1の媒体Aと同じ層構成の媒体を用いて、冷却のタイミングと、第一及び第二非晶質軟磁性層に働く反強磁性結合磁界H<sub>ex</sub>の大きさの関係を調べた。

## 【0071】

図10に、本実施例と比較例の媒体を作製する成膜工程の概略図を示す。

成膜工程（1）は、本実施例の媒体Aを作製する工程で、第一非晶質軟磁性下地層13を形成する工程と非磁性層14を形成する工程の間に冷却工程を設けている。

## 【0072】

比較例の媒体を作製するための成膜工程（2）は、冷却工程が非磁性層14を形成する工程と第二非晶質軟磁性層15を形成する工程の間に設けられている。

50

## 【0073】

成膜工程（3）は、第二非晶質軟磁性層15を形成する工程と中間層16を形成する工程の間に冷却工程を設けている。

## 【0074】

冷却ユニットは対向する2枚の銅製冷却板とディスク基板に磁界を印加するためのコイルから構成される。本実施例では冷却板を-100℃まで下げ、約200Paの水素もしくはヘリウム雰囲気で5秒間の磁界中冷却を行った。冷却時の磁界はディスク基板径方向に印加し、磁界の極性はDCマグネットロンスパッタカソードからの漏れ磁界の極性と同じとし、磁界の大きさはディスク基板上で4kA/mから8kA/mの範囲となるように設定した。

10

## 【0075】

表3に、本実施例と比較例の媒体のスパイクノイズ評価および再生信号の振幅変調評価、および面内32箇所測定したHexの平均値と面内ばらつきをまとめた。磁界中冷却を行った本実施例の媒体Aと比較例の媒体E及びFは、冷却工程のタイミングにかかわらずいずれもスパイクノイズに関しては明瞭なものは観察されなかった。しかし、磁界を印加しないで（無磁界中）冷却を施した比較例の媒体Gと、冷却をまったく施さなかった媒体Hは、スパイクノイズが多数観察され、さらに再生信号の振幅変調も大きかった。

## 【0076】

## 【表3】

20

Table 3

	媒体	成膜工程	磁界	スパイクノイズ	振幅変調	Hex (Oe)	面内分布
本実施例	A	(1)	あり	なし	なし	23	17%
比較例	E	(2)	あり	なし	なし	19.5	25%
	F	(3)	あり	なし	あり	15.2	100%
	G	(3)	なし	あり	あり	4.8	>100%
	H	なし	なし	あり	あり	2	>100%

30

## 【0077】

図11に上記媒体と第一及び第二非晶質軟磁性層に働く反強磁性結合磁界Hexの関係を示す。図中には面内32箇所のばらつきを併せて示した。

## 【0078】

本実施例の媒体Aが最も大きいHexが得られ、面内分布も約17%と小さいことが分かる。一方、磁界中冷却を施した比較例の媒体E及びFは、媒体Aに比較してHexが小さく、面内分布も大きい。このことから大きなHexを得るために、第一非晶質軟磁性層を形成した後に、磁界中冷却を施すことが最も効果があることが分かった。

40

## 【0079】

また、成膜工程（3）で無磁界中冷却を施した媒体Gは、同じ成膜工程（3）で磁界中冷却を施した媒体Fと同程度のHexを得られているものの、そのばらつきは0~190eと極端に大きく、反強磁性的な結合が部分的に得られていないことがわかった。

## 【0080】

また、冷却を施さなかった媒体Hに関しては、第一非晶質軟磁性層と第二非晶質軟磁性層との間の交換結合が殆ど得られていないことが明らかになった。

## 【0081】

図12に媒体Aと媒体G、及び媒体Hの第二非晶質軟磁性層の磁区構造をオプティカル・サーフェス・アナライザーにより観察した結果を示す。ここでは中間層16、垂直記録層17を形成していない試料を用いた。

## 【0082】

50

本実施例の媒体Aにおいては、第二非晶質軟磁性層の磁区イメージにコントラストが異なる領域が見られ、多磁区構造となっていることがわかる。磁区の領域は比較的大きく、安定した磁区状態である。

【0083】

一方、媒体G及び媒体Hは、単層膜で見られるような、基板半径方向に磁壁が伸びた磁区イメージが観察され、磁区構造からも第一及び第二非晶質軟磁性層に働く反強磁性的な結合が部分的に壊れていることがわかった。

【0084】

このように、本発明の製造方法で作成された軟磁性下地層は、第一非晶質軟磁性層と第二非晶質軟磁性層に働く反強磁性結合磁界が大きく、かつ面内分布も小さくために、スペイクノイズおよび再生信号の振幅変調の抑制に大きな効果があることが明らかとなった。 10

【0085】

<実施例3>

図13に本実施例の垂直磁気記録媒体の層構成を示す。基板130には2.5型のガラスディスクを用い、スパッタリング法により非晶質層131、第一非晶質軟磁性層132、第1の強磁性層133、非磁性層134、第2の強磁性層135、第二非晶質軟磁性層136を順次形成し、磁界中で約100℃まで冷却を行った。その後、中間層137、垂直記録層138、保護層139を順次形成した。

【0086】

冷却時の磁界は、ディスク基板の半径に沿って外周から内周に向いており、その大きさ 20  
はディスク基板上で4kA/mから8kA/mの範囲であった。

【0087】

表4に各層の作製に用いたターゲットとArガス圧および膜厚を示す。潤滑層にはペー<sup>20</sup>  
フルオロアルキルポリエーテル系の材料をフルオロカーボン材料で希釈し塗布した。

【0088】

上記実施例の媒体を作製する成膜装置の概略図を図14に示す。本実施例の製膜装置は、基板を導入するチャンバ、非晶質層を形成するチャンバ、第一非晶質軟磁性層を形成するチャンバ、強磁性層を形成するチャンバ、非磁性層を形成するチャンバ、第二非晶質軟磁性層を形成するチャンバ、基板半径方向に磁界を印加しながら冷却を施す冷却チャンバ、中間層を形成するチャンバ、記録層を形成するチャンバ、保護層を形成するチャンバ、そして基板を搬出するチャンバから構成されている。 30

【0089】

本実施例における冷却工程のタイミングは、第二非晶質軟磁性層136形成する工程と非磁性層137を形成する工程の間にあり、実施例2の図10の成膜工程(3)と同じである。

【0090】

【表4】

Table 4

	ターゲット組成	Arガス圧 (Pa)	膜厚 (nm)
非晶質層131	CrTi <sub>50</sub>	1	20
第一非晶質軟磁性層132	Fe <sub>57</sub> Co <sub>31</sub> B <sub>12</sub>	0.5	75
強磁性層133、135	Co <sub>90</sub> Fe <sub>10</sub>	1	2
非磁性層134	Ru	0.6	0.8
	Ru <sub>70</sub> Fe <sub>30</sub>	0.6	1
第二非晶質軟磁性層136	Fe <sub>57</sub> Co <sub>31</sub> B <sub>12</sub>	0.5	75
中間層137	Ta/Ru	2	1/18
記録層138	CoCr <sub>13</sub> Pt <sub>17</sub> -SiO <sub>2</sub>	2	16
保護層139	Carbon	1	5

10

## 【0091】

本実施例の軟磁性下地層の磁化曲線では、実施例1の場合と同様にディスク半径方向に磁界を印加した場合、ゼロ磁界を含むある磁界範囲で安定は磁化レベルを有するステップ状の形状を示した。

20

## 【0092】

表5に本実施例で検討した媒体I及び媒体Jと、実施例1の媒体Dの第一非晶質軟磁性層と第二非晶質軟磁性層の間に働く反強磁性結合磁界の大きさと、スパイクノイズ評価および再生信号の振幅変調評価をまとめた。

## 【0093】

表5に示すように媒体I及び媒体Jの反強磁性結合磁界の大きさH<sub>ex</sub>は、実施例1の媒体Dと同等の値を示した。実施例2の媒体Aと媒体FのH<sub>ex</sub>の値を比較すると、冷却工程のタイミングを図10における(1)から(3)に変えることによって、H<sub>ex</sub>は230eから150eに低減している。

30

## 【0094】

本実施例の媒体I及び媒体Jにおいて、冷却工程のタイミングを図10における(3)と同様に、第二非晶質軟磁性層の形成後に行なったにもかかわらずH<sub>ex</sub>の低下が見られないということは、第一非晶質軟磁性層と第二非晶質軟磁性層の間に形成したCoFe/Ru/CoFe三層膜あるいはRuFeが安定に存在することを示しており、言い換えれば本実施例の媒体は、非磁性層と強磁性層との界面、あるいは非晶質軟磁性層と非磁性層との界面の耐熱性が向上していることを示している。

## 【0095】

## 【表5】

Table 5

40

	媒体	軟磁性下地層の構成 括弧内の数字は膜厚 単位: nm	H <sub>ex</sub> (Oe)	スパイク ノイズ	振幅変調
本実施例	D	FeCoB(75)/Ru(0.8)/FeCoB(75)	43	なし	なし
	I	FeCoB(75)/CoFe(2)/Ru(0.8)/CoFe(2)/FeCoB(75)	45	なし	なし
	J	FeCoB(75)/RuFe(1)/FeCoB(75)	48	なし	なし

## 【0096】

次に本実施例の媒体IとJ、および実施例1で述べた媒体Dを用いて耐熱性を評価した。図15に評価結果を示す。

## 【0097】

50

$H_{ex}$  は膜形成時の値で規格化している。温度が高くなるにつれ  $H_{ex}$  は低下する。250°Cでの  $H_{ex}$  の低下率は、媒体 D が 0.62 に対し、第一非晶質軟磁性層と第二非晶質軟磁性層の間に CoFe/Ru/CoFe を形成した媒体 I では 0.82、Ru の代わりに RuFe を用いた媒体 J では約 0.79 と、いずれも媒体 D に比較して耐熱性が向上していることがわかる。

## 【0098】

本実施例では、冷却工程を第二非晶質軟磁性層の形成工程と中間層の形成工程の間に設けているが、必ずしもこのタイミングに導入する必要はなく、例えば、中間層の形成温度を高温で、記録層の形成温度を低温にしたい場合にはこの間に冷却工程を設けることも可能である。また、記録層を形成した後に加熱処理を施さなければならない場合には、冷却工程を記録層の熱処理工程と保護層の形成工程の間に設けることも可能である。  
10

## 【0099】

このように本実施例の垂直記録媒体の製造方法は、冷却工程のタイミングを媒体形成プロセスによって、第二非晶質軟磁性層形成後や、或いは垂直記録層形成後に設けることが可能である。特に、中間層或いは垂直記録層の形成温度を高くした媒体と組み合わせる場合には、垂直記録媒体の製造コストの低減が可能となる。

## 【0100】

## &lt;実施例 4&gt;

実施例 1 で述べた本実施例の媒体 B と、媒体 B と同じ構成で非晶質層に NiCrZr を用いた媒体 K と AlTi を用いた媒体 L、比較例として基板上に直接第一非晶質軟磁性層を形成した媒体 X と、結晶質 NiCr 層上に第一非晶質軟磁性下地層を形成した媒体 Y を用いて、スパイクノイズ評価および再生信号の振幅変調評価を行った。その結果を表 6 にまとめる。基板上に直接軟磁性下地層を形成した媒体 X には再生信号の振幅変調がみられたが、いずれもスパイクノイズは抑制されていた。  
20

## 【0101】

## 【表 6】

Table 6

	媒体	軟磁性下地層の構成 括弧内の数字は膜厚 単位: nm		スパイク ノイズ	振幅変調
本実施例	B	NiTzr(30)	CoTaZr(75)/Ru(0.8)/CoTaZr(75)	なし	なし
	K	NiCrZr(30)	CoTaZr(75)/Ru(0.8)/CoTaZr(75)	なし	なし
	L	AlTi(30)	CoTaZr(75)/Ru(0.8)/CoTaZr(75)	なし	なし
比較例	X	-	CoTaZr(75)/Ru(0.8)/CoTaZr(75)	なし	あり
	Y	NiCr(30)	CoTaZr(75)/Ru(0.8)/CoTaZr(75)	なし	なし

30

## 【0102】

本実施例の媒体 K と比較例の媒体 X、媒体 Y について耐食試験を行った。試験の条件は、湿度 100%、温度 60°C で、試験期間は 1 週間である。  
40

## 【0103】

図 16 は試験後の基板表面をオプティカル・サーフェス・アナライザーにより観察した像である。白く見える領域が媒体表面の腐食を示している。基板の上に直接軟磁性下地層を形成した媒体 X は基板前面に腐食が見られた。これに対し、基板と軟磁性下地層との間に結晶質層或いは非晶質層を挿入することで、耐食性は改善されている。最も耐食性が良好なのは非晶質層上に軟磁性下地層を形成した媒体 B であることが確認できた。また本実施例の媒体 B 或いは媒体 L においても媒体 K と同様の効果が見られている。

## 【0104】

次に、上記媒体と、記録用にトラック幅が 0.25 μm の単磁極ヘッド、再生用にシールド間隔が 0.08 μm でトラック幅が 0.22 μm の GMR ヘッドを用いて、ヘッド浮上  
50

量が 10 nm の条件で記録再生を行った。

【0105】

信号の再生波形を EEPRI 系の信号処理回路を通してエラーレート評価を行ったところ、1 平方センチあたり 7.75 ギガビットの面記録密度の条件で媒体 B、媒体 K 及び媒体 L は  $10^{-6}$  以下のエラーレート値が、媒体 X 及び媒体 Y では  $10^{-5}$  程度のエラーレート値が得られ、非晶質上に軟磁性下地層を形成して作製した本実施例の媒体の方が、一桁低いエラーレートを得られることがわかった。

【0106】

なお、この評価に用いた記録再生分離型ヘッドは、主磁極、記録コイル、補助磁極兼上部シールド、GMR 素子および下部シールドを有してなる周知の構成を持つものである。

10

【0107】

さらに、上記媒体についてそれぞれ同じものを 4 枚作製し、浮上性について評価した。その結果を図 17 に示す。非晶質上に軟磁性下地層を形成することによって、浮上性が向上することが確認できた。

【0108】

次に、本発明による磁気記録装置の一実施例を図 18 により説明する。この装置は、垂直磁気記録媒体 181 と、これを駆動する駆動部 182 と、磁気ヘッド 183 およびその駆動手段 184 と、磁気ヘッドの記録再生処理手段 185 を有してなる一般的な構成を持つ磁気記録装置である。ここで用いる磁気ヘッドは、磁気ヘッドライダの上に形成された記録再生分離型の磁気ヘッドである。単磁極型の記録ヘッドのトラック幅は  $0.22 \mu m$ 、再生用の GMR ヘッドのシールド間隔は  $0.08 \mu m$ 、トラック幅は  $0.2 \mu m$  である。上述した実施例 1 の媒体 A を組込んでヘッド浮上量 10 nm の条件で記録再生特性を評価したところ、10 ℃から 50 ℃の温度範囲において、1 平方センチあたり 7.75 ギガビットの面記録密度の記録再生特性仕様を十分満たした。

20

【0109】

< 実施例 5 >

実施例 4 の磁気記録装置と同様な構成で、再生ヘッドにトンネル磁気抵抗効果を利用した高感度素子を用いた磁気記録装置に、実施例 1 の媒体 A を組込んでヘッド浮上量 8 nm の条件で記録再生評価をしたところ、10 ℃から 50 ℃ の測定範囲において、1 平方センチあたり 8.14 ギガビットの面記録密度の記録再生特性仕様を十分満たした。なお、この評価に用いた磁気トンネル効果を利用した高感度素子は、上部磁極、反強磁性層、磁区固定層、絶縁層、磁化自由層および下部磁極を有してなる周知の構成を持つものである。

30

【図面の簡単な説明】

【0110】

【図 1】一実施例の垂直記録媒体の層構成を示す図。

【図 2】一実施例の媒体を作製する成膜装置の概略図。

【図 3】一実施例（媒体 A）の軟磁性下地層の磁化曲線と半径方向に磁界を印加して測定した磁化曲線を磁界で微分した曲線を示す図。

【図 4】一比較例（媒体 V）の軟磁性下地層の半径方向に磁界を印加して測定した磁化曲線を磁界で微分した曲線を示す図。

40

【図 5】一比較例（媒体 W）の軟磁性下地層の半径方向に磁界を印加して測定した磁化曲線を磁界で微分した曲線を示す図。

【図 6】一実施例の媒体 A と比較例の媒体 W の軟磁性下地層の磁化状態の模式図。

【図 7】一実施例の媒体 A と比較例の媒体 V のスパイクノイズ分布を示す図。

【図 8】浮遊磁界耐性の評価方法の模式図。

【図 9】外部磁界と規格化した再生出力との関係を示す図。

【図 10】軟磁性下地層を冷却するための冷却工程のタイミングを示す図。

【図 11】一実施例の媒体と反強磁性結合磁界 H<sub>ex</sub>との関係を示す図。

【図 12】一実施例の媒体 A と比較例の媒体 G 及び H の第二非晶質軟磁性層の磁区構造を示す図。

50

- 【図 1 3】一実施例の垂直記録媒体の層構成を示す図。
- 【図 1 4】一実施例の媒体を作製する成膜装置の概略図。
- 【図 1 5】反強磁性結合磁界  $H_{e \times}$  の温度変化を示す図。
- 【図 1 6】一実施例の媒体 K と比較例の媒体 X 及び Y の耐食性評価後の媒体表面を示す図。
- 【図 1 7】一実施例の媒体の浮上性を示す図。
- 【図 1 8】(a)は本発明の一実施例の磁気記録装置の平面模式図、(b)はその A-A' 縦断面図。
- 【図 1 9】FeCoB の膜厚とガラス基板のそり量の関係を示した図。
- 【図 20】軟磁性層の磁区構造を示す図。

10

## 【符号の説明】

## 【0 1 1 1】

1 1, 1 3 0 … 基板、1 2, 1 3 1 … 非晶質層、1 3, 1 3 2 … 第一非晶質軟磁性層、1 4, 1 3 4 … 非磁性層、1 5, 1 3 6 … 第二非晶質軟磁性層、1 6, 1 3 7 … 中間層、1 7, 1 3 8 … 垂直記録層、1 8, 1 3 9 … 保護層、1 3 3 … 第 1 の強磁性層、1 3 5 … 第 2 の強磁性層、1 8 1 … 垂直磁気記録媒体、1 8 2 … 磁気記録媒体駆動部、1 8 3 … 磁気ヘッド、1 8 4 … 磁気ヘッド駆動部、1 8 5 … 記録再生処理系

【図 1】

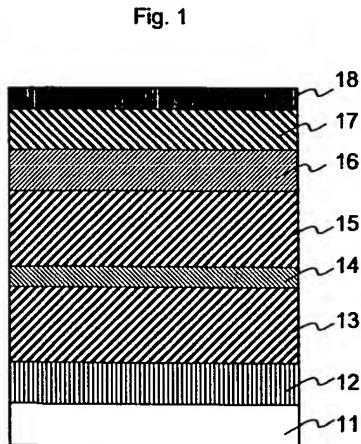


Fig. 1

【図 2】

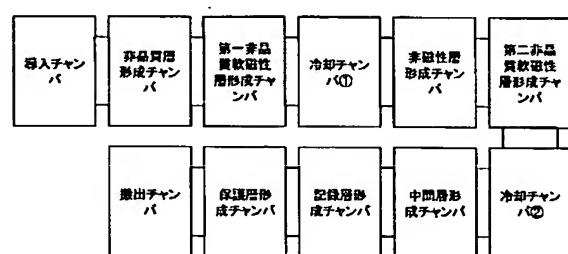


Fig. 2

【図 3】

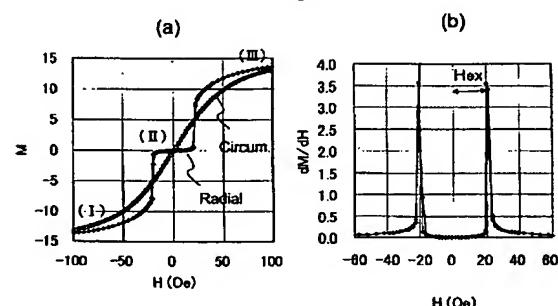


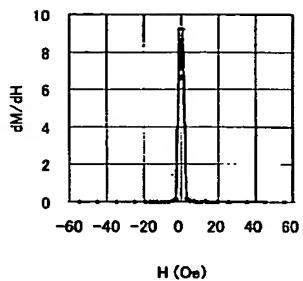
Fig. 3

(19)

JP 2005-302238 A 2005.10.27

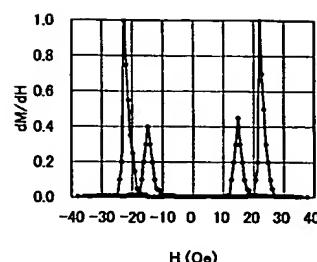
【図 4】

Fig. 4



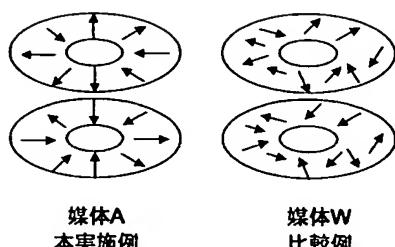
【図 5】

Fig. 5



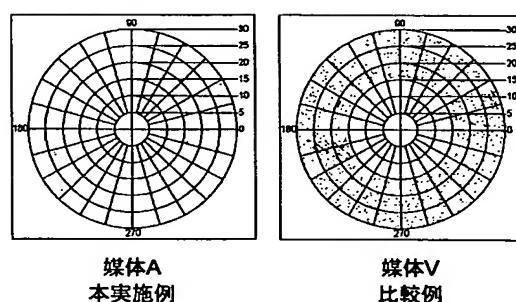
【図 6】

Fig. 6



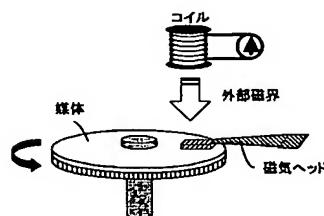
【図 7】

Fig. 7



【図 8】

Fig. 8

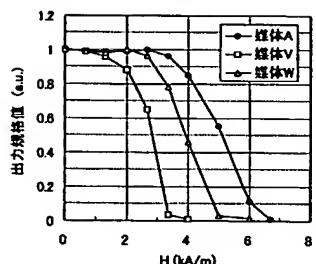


(20)

JP 2005-302238 A 2005. 10. 27

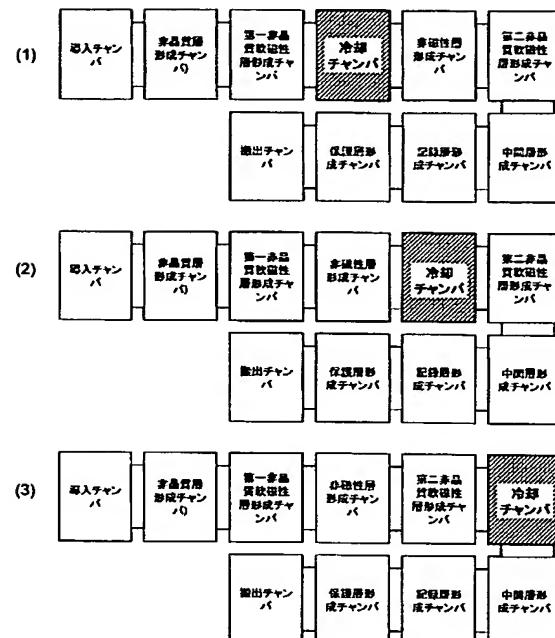
【図 9】

Fig. 9



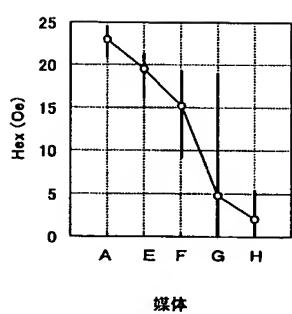
【図 10】

Fig. 10



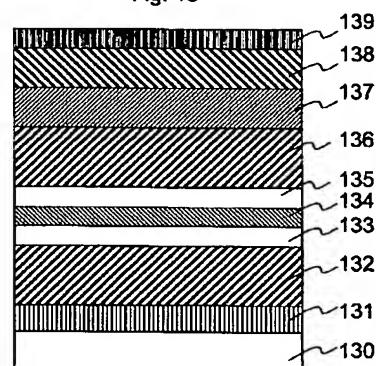
【図 11】

Fig. 11



【図 13】

Fig. 13



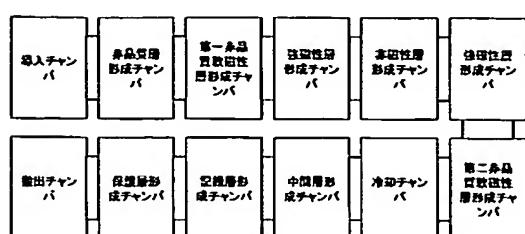
【図 12】

Fig. 12



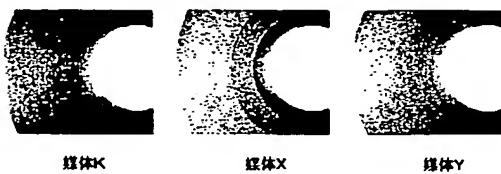
【図 14】

Fig. 14



【図 16】

Fig. 16



【図 17】

【図 15】

Fig. 15

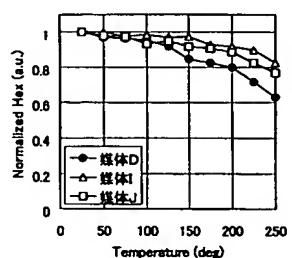
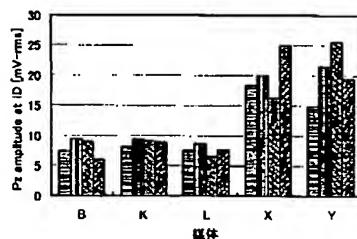
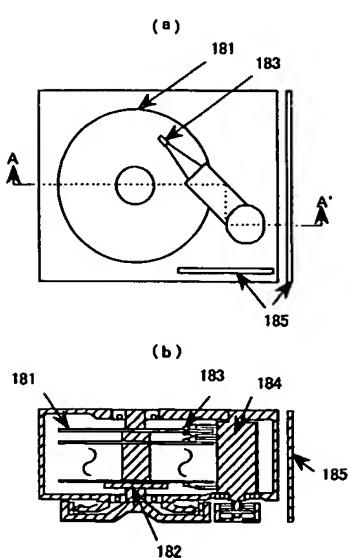


Fig. 17



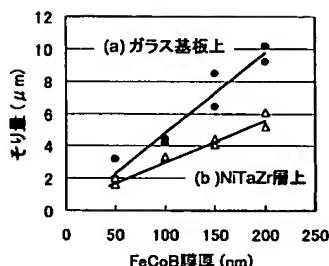
【図 18】

Fig. 18



【図 19】

Fig. 19

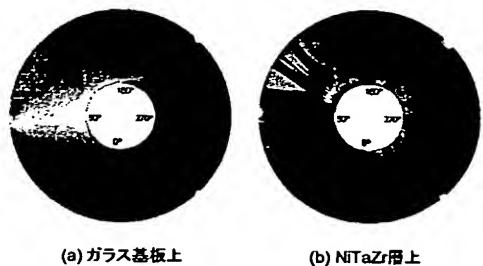


(22)

JP 2005-302238 A 2005. 10. 27

【図 20】

Fig. 20



---

フロントページの続き

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	F I	テーマコード(参考)
H 01 F 10/16	H 01 F 10/16	
H 01 F 10/32	H 01 F 10/32	
H 01 F 41/18	H 01 F 41/18	

(72)発明者 棚橋 究  
神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株式会社 日立製作所 生産技術研究所内  
(72)発明者 本田 好範  
神奈川県小田原市国府津2880番地 株式会社 日立グローバルストレーテクノロジーズ内  
(72)発明者 児玉 峰章  
神奈川県小田原市国府津2880番地 株式会社 日立グローバルストレーテクノロジーズ内  
F ターム(参考) 5D006 CA01 CA03 CA05 CA06 DA03 DA08 EA03 FA00 FA09  
5D112 AA03 AA04 AA24 BD03 FA04 FB29  
5E049 AA01 AA04 AA07 AC01 BA08 CB02 DB04 DB12 CC01